

IMPACTO DA TÉCNICA MIS-TLIF NOS PARÂMETROS ESPINOPÉLVICOS DE PACIENTES COM ARTRODESE LOMBAR

IMPACT OF THE MIS-TLIF TECHNIQUE ON THE SPINOPELVIC PARAMETERS OF PATIENTS WITH LUMBAR ARTHRODESIS

IMPACTO DE LA TÉCNICA MIS-TLIF SOBRE LOS PARÁMETROS ESPINOPÉLVICOS DE PACIENTES CON ARTRODESIS LUMBAR

CRISTIANO MAGALHÃES MENEZES,^{1,2} LEONARDO FERNANDES AGUIAR,^{1,2} ANDRÉ DE OLIVEIRA ARRUDA,¹ RODRIGO VIEIRA CARDOSO,¹ GERMANO SENNA OLIVEIRA DO VALLE,² RODRIGO SOUZA LIMA,¹ MÁRIO LEITE BRINGEL,¹ FELIPE MIRANDA MENDONÇA FERNANDES,¹ JOINT HALLEY GUIMBARDO PÉREZ¹

1. Columna Instituto Dr. Cristiano Menezes, Belo Horizonte, MG, Brasil.

2. Grupo de Cirurgia da Coluna do Hospital Ortopédico Lifecenter, Belo Horizonte, MG, Brasil.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a influência da técnica MIS-TLIF nos parâmetros espinopélvicos de pacientes submetidos à artrodese lombar até três níveis para tratamento de condições degenerativas vertebrais sem deformidade. **Métodos:** Avaliação radiográfica retrospectiva de 52 pacientes submetidos a tratamento cirúrgico de artrodese lombar pela técnica MIS-TLIF em até três níveis. Os parâmetros espinopélvicos - incidência pélvica (PI), versão pélvica (PT), lordose lombar (LL), lordose segmentar (Lseg), diferença entre lordose lombar e incidência pélvica ("mismatch" PI-LL) foram analisados em radiografias em perfil ortostático no pré e pós-operatório, com segmento mínimo de 1 ano. Os pacientes foram divididos em três grupos: PI < 45°; PI entre 45° e 55° e PI > 55°. **Resultados:** Foram avaliados 69 níveis operados - PI < 45°, 15 pacientes; PI entre 45° e 55°, 19 e PI > 55°, 18. O valor médio da incidência pélvica foi 52,3° (+/- 11,5), lordose lombar 46,1° (pré) / 45,6° (pós); lordose segmentar 20,3° (pré) / 20,6° (pós); rotação pélvica 18,5° (pré) / 18,2° (pós); "mismatch" (PI-LL) 7° (pré) / 6,6° (pós), sem diferença estatística entre todos os parâmetros (p > 0,05). **Conclusão:** A técnica MIS-TLIF não apresentou influência nos parâmetros espinopélvicos no pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia de artrodese lombar. **Nível de Evidência III; Estudo retrospectivo comparativo.**

Descritores: Curvaturas da Coluna Vertebral; Doenças da Coluna Vertebral; Fusão Vertebral; Artrodese.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of the MIS-TLIF technique on the spinopelvic parameters of patients submitted to lumbar arthrodesis up to three levels for the treatment of vertebral degenerative conditions without deformity. **Methods:** Retrospective radiographic evaluation of 52 patients submitted to the surgical treatment of lumbar arthrodesis using the MIS-TLIF technique in up to three levels. The spinopelvic parameters – pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), lumbar lordosis (LL), segmental lordosis (Lseg), and the difference between lumbar lordosis and pelvic incidence (LL-PI mismatch) were analyzed in orthostatic lateral radiographs in the pre- and postoperative periods, with a minimum follow-up of 1 year. The patients were divided into three groups: PI < 45°, PI between 45° and 55° and PI > 55°. **Results:** Sixty-nine operated levels were evaluated in 15 patients with PI < 45°, 19 with PI between 45° and 55° and 18 with PI > 55°. The mean value of the pelvic incidence was 52.3° (± 11.5), lumbar lordosis 46.1° (pre)/45.6° (post); segmental lordosis 20.3° (pre)/20.6° (post); pelvic tilt 18.5° (pre)/18.2° (post); "mismatch" (PI-LL) 7° (pre)/6.6° (post), with no statistical difference among all parameters (p > 0.05). **Conclusions:** The MIS-TLIF technique had no influence on postoperative spinopelvic parameters of patients undergoing lumbar arthrodesis surgery. **Level of evidence III; Retrospective comparative study.**

Keywords: Spinal Curvatures; Spinal Diseases; Spinal Fusion; Arthrodesis.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la influencia de la técnica MIS-TLIF sobre los parámetros espinopélvicos de pacientes sometidos a artrodese lumbar de hasta tres niveles para el tratamiento de condiciones vertebrales degenerativas sin deformidad. **Métodos:** Evaluación radiográfica retrospectiva de 52 pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico de artrodese lumbar por la técnica MIS-TLIF en hasta tres niveles. Los parámetros espinopélvicos como incidencia pélvica (IP), inclinación pélvica (PT), lordosis lumbar (LL), lordosis segmentaria (Lseg) diferencia entre lordosis lumbar e incidencia pélvica ("mismatch" LL-) se analizaron en radiografías laterales ortostáticas en el pre y postoperatorio, con seguimiento mínimo de 1 año. Los pacientes se dividieron en tres grupos: IP < 45°, IP entre 45° y 55° e IP > 55°. **Resultados:** Se evaluaron 69 niveles operados en 15 pacientes con IP < 45°, 19 con IP entre 45° y 55° y 18 con IP > 55°. El valor promedio de la incidencia pélvica fue 52,3° (± 11,5), lordosis lumbar 46,1° (pre)/45,6° (post), lordosis segmentaria 20,3° (pre)/20,6° (post), rotación pélvica 18,5° (pre)/18,2° (post), "mismatch" IP-LL 7° (pre)/6,6° (post), sin diferencia estadística entre todos los parámetros (p > 0,05). **Conclusiones:** La técnica MIS-TLIF no influyó los parámetros espinopélvicos en el postoperatorio de pacientes sometidos a cirugía de artrodese lumbar. **Nivel de evidencia III; Estudio retrospectivo comparativo.**

Descriptores: Curvaturas de la Columna Vertebral; Enfermedades de la Columna Vertebral; Fusión Vertebral; Artrodese.

Estudo realizado no Hospital Lifecenter, Belo Horizonte, MG, The Hospital Ortopédico BH, Belo Horizonte - MG, The Hospital Vera Cruz, Belo Horizonte, MG, and the Instituto Columna, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Correspondência: Instituto Columna, Rua Conde de Linhares, 278 –Cidade Jardim, Belo Horizonte, MG, Brasil. cristiano@columnainstituto.com



INTRODUÇÃO

A perda da lordose e a consequente alteração dos parâmetros espinopélvicos são frequentes nas condições degenerativas que afetam a coluna lombar.¹⁻⁴ Sua análise torna-se de elevada importância quando se considera a intervenção cirúrgica, especialmente quanto ao planejamento de uma artrodese. A restauração destes parâmetros está relacionada a melhores resultados clínicos e radiológicos, com maiores índices de fusão e diminuição da incidência da doença do nível adjacente.⁵

Existem diversas técnicas para realização da artrodese lombar, com diferentes possibilidades quanto às abordagens, tais como anteriores, laterais e/ou posteriores. Dentre as artrodeses intersomáticas, a transforaminal (TLIF) é a mais difundida,^{6,7} sendo que na última década, a técnica minimamente invasiva (MIS-TLIF) tem ganhado popularidade. Dentre suas vantagens frente à técnica tradicional, destaca-se um menor sangramento intra-operatório, estadia hospitalar abreviada e recuperação pós-operatória precoce, somando-se também interessantes e efetivos índices de custo-efetividade.^{8,9} Apesar disso, existem controvérsias na literatura quanto à capacidade da técnica MIS-TLIF em manter e ou aumentar a lordose segmentar, exercendo potencial influência nos parâmetros espinopélvicos finais e consequentemente podendo afetar os resultados clínicos.⁵

Frente ao contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da técnica MIS-TLIF padrão nos parâmetros radiográficos espinopélvicos de pacientes submetidos a tratamento cirúrgico de condições degenerativas da coluna lombar em até três níveis, tendo condições degenerativas como indicação terapêutica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institucional (nº 1.341.609), procedeu-se ao estudo observacional retrospectivo, revisando os registros médicos dos pacientes submetidos a artrodese da coluna lombar, operados por um único cirurgião, no período de janeiro 2008 a dezembro de 2012.

Foram incluídos pacientes maiores de 18 anos, submetidos à artrodese de um a três níveis, com ao menos uma das seguintes condições: doença degenerativa discal com ou sem hérnia de disco, estenose de canal, espondilolistese de baixo grau, síndrome pós-laminectomia / discectomia. O seguimento mínimo foi de 12 meses. Excluí-se pacientes com condições traumáticas, tumorais e deformidades graves associadas – possíveis indicações cirúrgicas em que a deformidade seria a justificativa primária da intervenção.

A técnica cirúrgica utilizada foi descrita por Foley^{10,11} e também previamente publicada nesta revista.¹¹⁻¹³

Análise radiográfica

Foram analisadas radiografias panorâmicas da coluna vertebral, e/ou da coluna lombossacra com a inclusão das cabeças femorais, em incidências ântero-posterior (AP) e perfil (P) ortostáticas.

Os seguintes parâmetros espinopélvicos foram avaliados: incidência pélvica ("pelvic incidence", PI); versão pélvica ("pelvic tilt", PT); lordose lombar (LL) (Figura 1); lordose segmentar (Lseg);

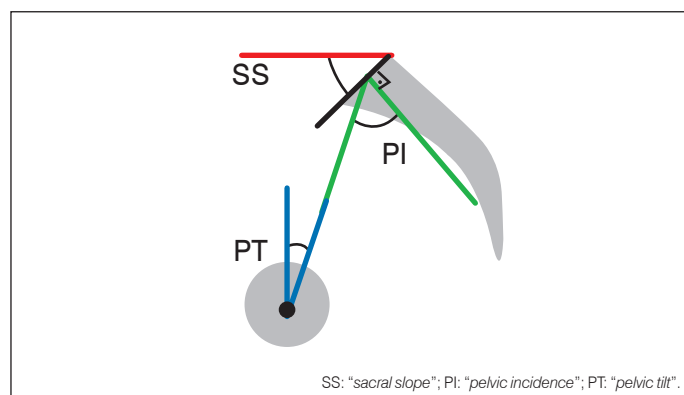


Figura 1. Representação esquemática dos parâmetros espinopélvicos.

e diferença obtida entre os valores de incidência pélvica e lordose lombar ("mismatch" = PI-LL).

Com o objetivo de verificar eventuais diferenças do MIS-TLIF em diferentes condições iniciais, os pacientes foram divididos em três faixas de incidência pélvica, a saber: menor que 45° (baixa), entre 45° e 55° (média) e maior que 55° (alta).

Todas as mensurações radiográficas foram realizadas por um cirurgião de coluna independente, sendo que casos duvidosos foram avaliados por um terceiro pesquisador. Conforme convenção na literatura, manteve-se a terminologia orientada, considerando curvas lordóticas como valores negativos e cifóticas, positivos.

Análise estatística

Em relação aos testes estatísticos, para descrever as variáveis qualitativas foram utilizadas as frequências absolutas e relativas, enquanto que na descrição das variáveis quantitativas foram utilizadas medidas de tendência central, posição e dispersão. Na comparação dos índices espinopélvicos entre os subgrupos MIS-TLIF – divisão em faixas de PI – foram utilizados o teste t de Student para os indicadores normalmente distribuídos e teste de Mann-Whitney para as variáveis não normais – verificação da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk.

RESULTADOS

Foram avaliados os registros médicos de 52 pacientes, sendo 22 homens e 30 mulheres, com média de idade de 53,3 anos (variando de 27 a 82 anos), totalizando 69 níveis operados. (Tabela 1)

Em relação à incidência pélvica, obteve-se o valor médio de 52,3° (mediana 51,0 DP +/- 11,5). Em relação aos demais parâmetros radiográficos, obteve-se os seguintes valores. (Tabela 2)

Procedeu-se a análise dos mesmos parâmetros com a divisão dos pacientes de acordo com os valores de incidência pélvica. Para o grupo de pacientes com PI < 45° (n = 15), obteve-se média de incidência pélvica de 40° (desvio padrão: 3,40). Os demais parâmetros radiográficos são apresentados na Tabela 3.

A comparação entre os valores pré e pós-operatórios pode ser verificada conforme representação gráfica. (Figura 2)

Tabela 1. Relação de níveis analisados por paciente.

Níveis	Quantidade de pacientes avaliados
L3-L4 (1 nível)	1
L4-L5 (1 nível)	21
L5-S1 (1 nível)	15
L3-L5 (2 níveis)	2
L4-S1 (2 níveis)	11
L3-S1 (3 níveis)	2

Tabela 2. Parâmetros radiográficos população total.

Parâmetro radiográfico	Valor pré (°) (n considerado / Desvio padrão)	Valor pós (°) (n considerado / desvio padrão)	Valor de p
LL	46,1 (n = 35 / 10,2)	45,6 (n = 52 / 10,1)	> 0,05
Lseg	20,3 (n* = 47 / 18,8)	20,6 (n* = 69 / 7,5)	> 0,05
PT	18,5 (n = 34 / 7,3)	18,2 (n = 51 / 8,6)	> 0,05
Mismatch (PI-LL)	7 (n = 35 / 10,7)	6,6 (n = 52 / 10,7)	> 0,05

n* = considerado o total de níveis avaliados.

Tabela 3. Parâmetros radiográficos população com PI < 45°.

Parâmetro radiográfico	Valor pré (°) (n considerado / desvio padrão)	Valor pós (°) (n considerado / desvio padrão)	Valor de p
LL	42,5 (n=9 / 9,5)	40,8 (n=15 / 9,7)	> 0,05
Lseg	20,3 (n*=12 / 6,3)	19,7 (n*=21 / 8,5)	> 0,05
PT	12,8 (n=9 / 5,2)	12,1 (n=15 / 6,1)	> 0,05
Mismatch (PI-LL)	-1,5 (n=9 / 10,6)	-0,8 (n=15 / 10,3)	> 0,05

n* = considerado o total de níveis.

No grupo de pacientes com PI entre 45° e 55° (n = 19), obteve-se como valor de PI médio 49,8° (desvio padrão: 3,40). Os demais parâmetros radiográficos são apresentados na Tabela 4.

A comparação entre os valores pré e pós-operatórios pode ser verificada conforme Figura 3.

No grupo de pacientes com PI > 55° (n = 18), obteve-se o valor médio de incidência pélvica de 65,1° (desvio padrão: 7,69). Os demais parâmetros radiográficos são apresentados na Tabela 5

A comparação entre os valores pré e pós-operatórios pode ser verificada conforme gráfico. (Figura 4)

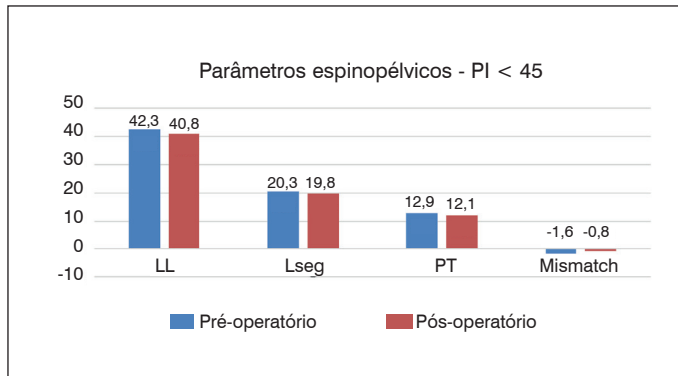


Figura 2. Comparação dos parâmetros espinopélvicos pré x pós-operatórios, PI < 45°.

Tabela 4. Parâmetros radiográficos população com PI entre 45 e 55°.

Parâmetro radiográfico	Valor pré (°) (n considerado / desvio padrão)	Valor pós (°) (n considerado / desvio padrão)	Valor de p
LL	43,5 (n=15 / 5,8)	42,1 (n=19 / 8,5)	> 0,05
Lseg	18 (n*=34 / 6,5)	19,2 (n*=47 / 6,8)	> 0,05
PT	17,5 (n=14 / 4,7)	17,8 (n=18 / 6,2)	> 0,05
Mismatch (PI-LL)	6,2 (n=15 / 7,1)	7,7 (n=19 / 9,2)	> 0,05

n* = considerado o total de níveis avaliados.

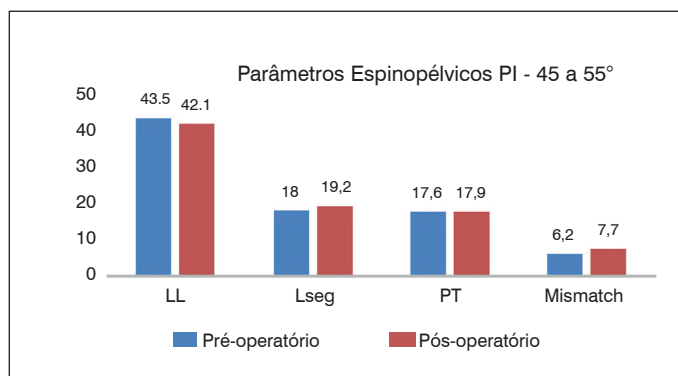


Figura 3. Comparação dos parâmetros espinopélvicos pré x pós-operatórios, PI entre 45° e 55°

Tabela 5. Parâmetros radiográficos população com PI>55°.

Radiographic parameter	Pre value (°) (n considered / standard deviation)	Post value (°) (n considered / standard deviation)	P value
LL	52,5 (n=11 / 12,8)	53,5 (n=18 / 9,0)	> 0,05
Lseg	23,1 (n*=13 / 6,9)	23,6 (n*=22 / 8,1)	> 0,05
PT	24,4 (n=11 / 7,4)	23,7 (n=18 / 9,1)	> 0,05
Mismatch (PI-LL)	15,1 (n=11 / 9,3)	11,6 (n=18 / 9,4)	> 0,05

n* = considerado o total de níveis avaliados.

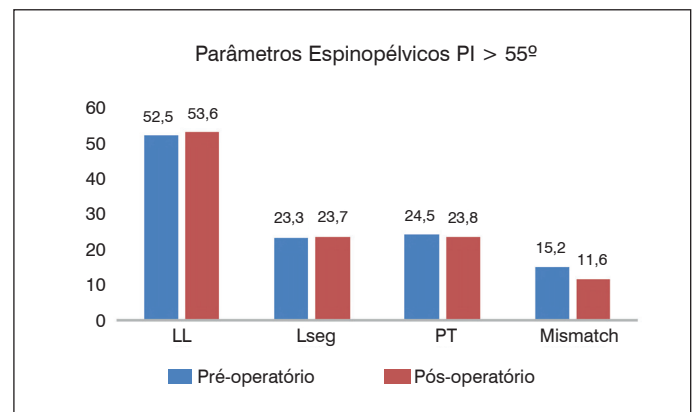


Figura 4. Comparação dos parâmetros espinopélvicos pré x pós-operatórios, PI > 55°.

DISCUSSÃO

A técnica de artrodese TLIF, primeiramente descrita em 1998 por Harms, e desde então largamente utilizada, fornece suporte anterior na coluna, estabilização pótero-lateral com instrumentação pedicular, visualização direta do espaço a ser abordado e descompressão de raízes nervosas.¹⁴⁻¹⁷ Dadas estas considerações, reconhece-se que o TLIF é um procedimento viável e factível para diferentes doenças espinhais degenerativas. As condições degenerativas da coluna vertebral estão, em sua maior parte, associadas à hipolordose segmentar, principalmente nos níveis L4L5 e L5S1, gerando a utilização de mecanismos compensatórios, como o aumento da retroversão pélvica (PT).¹⁵⁻¹⁹ Sabendo-se que diversos pacientes podem não tolerar uma mínima perda de lordose quando submetidos a artrodese lombar, a análise pré-operatória dos parâmetros espinopélvicos torna-se essencial, ajudando na determinação da correção necessária e na escolha da estratégia cirúrgica mais adequada. A primeira descrição do TLIF minimamente invasivo foi realizada por Foley et al.¹⁰ e, desde então, o uso da técnica tem se difundido exponencialmente. Com suporte da literatura científica, a técnica menos invasiva apresenta resultados comparáveis à tradicional em relação aos índices de fusão e resultados clínicos, com vantagens substanciais quanto ao controle álgico pós-operatório, possibilitando reabilitação precoce, hospitalização mais curta e menores taxas de complicações.²⁰⁻²³ Contudo, existem contradições na literatura quanto à capacidade de correção dos parâmetros espinopélvicos empregando-se técnicas de artrodese posteriores, sendo ainda maior em relação às cirurgias minimamente invasivas. De modo geral, os dados da literatura são conflitantes em relação à capacidade de restauração ou mesmo manutenção da lordose segmentar pela técnica TLIF. Hsieh et al.¹² relataram a perda de lordose segmentar média após TLIF e atribuíram essa falta de melhora à dificuldade em colocar o espaçador intersomático o mais anteriormente possível, além da presença da faceta contralateral intacta, que impede a compressão posterior. Kwon et al.,¹⁵ por sua vez, relataram a ocorrência de cifose segmentar induzida por TLIF – justificada pela colocação do espaçador mais posteriormente no interespaço discal. Em sentido oposto, vários autores demonstraram que uma quantidade significativa de lordose segmentar final poderia ser alcançada colocando o espaçador anteriormente e realizando facetectomia bilateral,¹⁴⁻¹⁶ mantendo ainda a técnica TLIF. Jong-Tae et al.¹⁹ analisaram a influência da forma do “cage” (espaçador intersomático) – reto ou lordótico – em 68 pacientes, concluindo que o formato lordótico é superior em relação ao aumento da lordose segmentar e na manutenção da altura discal, gerando melhores resultados quanto aos parâmetros espinopélvicos. No presente estudo, a técnica MIS-TLIF não foi capaz de alterar significativamente os parâmetros avaliados, não apresentando efeito de ganho da lordose, tampouco perda da mesma no período pós-operatório.

O presente estudo, de forma similar à outras publicações^{5,17} evidencia que o MIS-TLIF não apresenta capacidade de atuação

efetiva sobre ângulos da coluna e pelve. Lafage et al²³ relataram que o aumento do PT correlaciona-se diretamente com piores resultados funcionais – em pacientes com deformidade espinhal, e revelaram que aumento do PT está diretamente ligado ao aumento da dor após artrodese lombar. Khoi D. Than et al²⁰ mostram que melhores resultados clínicos estão associados à restauração dos parâmetros espinopélvicos, com maiores significâncias se SVA (“sagittal vertical axis”) < 5 cm e PI-LL “mismatch” menor que 10.

Até o presente momento, poucos estudos avaliaram os resultados radiológicos após procedimentos TLIF e/ou MIS-TLIF, com ênfase no alinhamento sagital pós-operatório e nos parâmetros espinopélvicos; Mourad Ould-Slimane et al⁵ mostraram em uma série de 45 pacientes que o TLIF foi capaz de atuar localmente (efeito sobre segmento), aumentando a altura discal e lordose segmentar, com correção da rotação pélvica, porém não houve modificação significativa a nível global – melhora do alinhamento sagital. Desta forma, em casos de deformidade grave, associadas a alterações sagitais importantes, deve-se considerar a utilização de outras técnicas para obtenção de correção.

Todos os pacientes avaliados nesse estudo foram operados pelo mesmo cirurgião com ampla experiência em técnicas minimamente invasivas - uma vez que tais técnicas exigem uma considerável curva de aprendizado, podendo influenciar de forma direta os resultados clínicos e radiológicos de acordo com a familiaridade

do cirurgião com os materiais e processos que envolvem execução e planejamento cirúrgico. Não foi analisado o posicionamento do espaçador no espaço intersomático, já que no período analisado o mesmo, do tipo oblíquo, era rotineiramente posicionado no centro do espaço discal. Também não foram realizados procedimentos de liberação posterior ou osteotomias associadamente.

Estatisticamente, o MIS-TLIF não foi capaz de restaurar a lordose ou mesmo causar perda da curva em nenhum grupo de diferentes faixas de PI. Esse estudo apresenta uma amostra comparável a outros trabalhos publicados na literatura. As principais limitações são a ausência de um grupo de controle e a falta de medidas de resultados funcionais.

CONCLUSÃO

A técnica MIS-TLIF padrão não apresentou efeito restaurador da lordose segmentar, tampouco foi responsável por sua perda nos segmentos operados. Não houve influência sobre os parâmetros espinopélvicos no pós-operatório, apresentando uma manutenção dos mesmos em relação ao pré-operatório.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. CMM (0000-0001-6670-5159)* realizou as cirurgias e contribuiu com o desenho do estudo, LFA (0000-0002-1347-2758)*, AOA (0000-0001-6579-8234)*, RVC (0000-0002-8377-2887)*, GSOV (0000-0003-2253-7450)*, RSL (0000-0002-7778-2616)*, MLB (0000-0001-5531-5569)*, FMMF (0000-0002-5692-788X)* e JHGP (0000-0002-8887-8947)* acompanharam os pacientes e compilaram os dados clínicos; CMM (0000-0001-6670-5159)* e AOA (0000-0001-6579-8234)* revisaram os dados da análise estatística; RVC (0000-0002-8377-2887), CMM (0000-0001-6670-5159) e AOA (0000-0001-6579-8234) realizaram a revisão bibliográfica e revisão do manuscrito. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

- Jang JS, Lee SH, Min JH, Han KM. Lumbar degenerative kyphosis: radiographic analysis and classifications. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(24):2694-9.
- Takemitsu Y, Harada Y, Iwahara T, Miyamoto M, Miyatake Y. Lumbar degenerative kyphosis. Clinical, radiological and epidemiological studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13(11):1317-26.
- Glassman S, Berven S, Bridwell K, Horton W, Dimar J. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(6):682-8.
- Mehta V, Amin A, Omeis I, Gokaslan Z, Gottfried O. Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon. *Neurosurgery*. 2012;70(3):707-21.
- Ould-Slimane M, Lenoir T, Dauzac C, Rillardon L, Hoffmann E, Guigui P, et al. Influence of transforaminal lumbar interbody fusion procedures on spinal and pelvic parameters of sagittal balance. *Eur Spine J*. 2012;21(6):1200-6.
- Harms J, Rolinger H. A one-stage procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion [in German]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1982;120(3):343-7.
- Rosenberg WS, Mummaneni PV. Transforaminal lumbar interbody fusion: technique, complications, and early results. *Neurosurgery*. 2001;48(3):569-74.
- Foley KT, Lefkowitz MA. Advances in minimally invasive spine surgery. *Clin Neurosurg*. 2002;49:499-517.
- Goldstein CL, Phillips FM, Rampersaud YR. Comparative Effectiveness and Economic Evaluations of Open Versus Minimally Invasive Posterior or Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. A Systematic Review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41 Suppl 8):74-89.
- Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally Invasive Lumbar Fusion. *Spine*. 2003;28:S26-35.
- Menezes CM, Junior MAF, Falcon RS, Oliveira DA, Freire SG. Experiência inicial com a técnica de artrodese lombar minimamente invasiva por via transforaminal (MIS TLIF). *Coluna/Columna*. 2007;6(3):141-8.
- Menezes CM, Junior MAF, Falcon RS, Oliveira DA. Artrodese minimamente invasiva para espondilolisteses de baixo grau. *Coluna/Columna*. 2008;7(3):241-5.
- Menezes CM, Junior MAF, Falcon RS, Alencar J. Avaliação clínica radiológica da artrodese lombar transforaminal aberta versus minimamente invasiva. *Coluna/Columna*. 2009;8(3):297-302.
- Hsieh P, Koski T, O'Shaughnessy BA, Sugrue P, Salehi S, Ondra S, et al. Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local discangle, lumbar lordosis and sagittal balance. *J Neurosurg Spine*. 2007;7(4):379-86.
- Kwon B, Berta S, Daffner S, Vaccaro A, Hillbrand A, Grauer J, et al. Radiographic analysis of transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of adult isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech*. 2003;16(5):469-76.
- Jagannathan J, Sansur C, Oskouian R, Fu KM, Shaffrey C. Radiographic restoration of lumbar alignment after transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2009;64(5):955-63.
- Lee DY, Jung TG, Lee SH. Single-level instrumented mini-open transforaminal lumbar interbody fusion in elderly patients. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(2):137-44.
- Yson S, Santos ERG, Sembrano J, Polly D. Segmental lumbar sagittal correction after bilateral transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(1):37-4.
- Jong-Tae K, Myung-Hoon S, Ho-Jin L, Du-Yong C. Restoration of lumbopelvic sagittal alignment and its maintenance following transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): comparison between straight type versus curvilinear type cage. *Eur Spine J*. 2015;24(11):2588-96.
- Than KD, Park P, Fu KM, Nguyen S, Wang MY, Chou D, et al. Clinical and radiographic parameters associated with best versus worst clinical outcomes in minimally invasive spinal deformity surgery. *J Neurosurg Spine*. 2016; 25(1):21-5.
- Groth AT, Kuklo TR, Klemme WR, Polly DW, Schroeder TM. Comparison of sagittal contour and posterior disc height following interbody fusion: threaded cylindrical cages versus structural allograft versus vertical cages. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18(4):332-6.
- Peng CW, Yue WM, Poh SY, Yeo W, Tan SB. Clinical and Radiological Outcomes of Minimally Invasive Versus Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(13):1385-9.
- Lafage V, Blondel B, Smith JS, Broachie-Adie O, Hostin RA, Burton D, et al. Preoperative planning for pedicle subtraction osteotomy: Does pelvic tilt matter? *Spine Deform*. 2014;2(5):358-66.